

**Universidad de Zaragoza**  
**Facultad de Ciencias de la Salud**

***Grado en Fisioterapia***

Curso Académico 2020 / 2021

TRABAJO FIN DE GRADO

Efecto de un programa de fuerza y equilibrio en la mejora del equilibrio y la marcha en una lesión medular incompleta: a propósito de un caso.

Evaluation of a strength and balance program to enhance gait and balance in an incomplete on an spinal cord injury: a case report.

**Autor/a:** MARÍA CALEJERO MARTÍNEZ

## **ÍNDICE**

<b>RESUMEN .....</b>	<b>3</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>5</b>
<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>14</b>
<b>METODOLOGÍA.....</b>	<b>15</b>
<b>RESULTADOS.....</b>	<b>30</b>
<b>DISCUSIÓN.....</b>	<b>34</b>
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>42</b>
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>43</b>
<b>ANEXO I DECLARACIÓN DE CONSENTIMIENTO INFORMADO.....</b>	<b>50</b>

## **RESUMEN**

**Introducción:** La lesión medular es un daño ocurrido a nivel de la médula espinal, produce diversas alteraciones por la interrupción nerviosa, entre ellas se altera la capacidad para generar movimiento y el equilibrio. La recuperación tras un SCI es limitada y resulta de la combinación de una recuperación real o espontánea y una recuperación inducida.

**Objetivos:** describir el caso de un paciente con lesión medular incompleta, plantear un programa de fuerza y equilibrio y analizar los resultados obtenidos en el equilibrio y la marcha del paciente.

**Metodología:** tras la valoración inicial, se plantea un programa de 24 semanas enfocado a la mejora de la fuerza y del equilibrio. Una vez finalizado se reevalúa el estado del paciente.

**Resultados:** Se obtiene un aumento de la fuerza, la resistencia y el equilibrio. Si se produce una mejora en la marcha tras la intervención según la escala WISCI.

**Discusión:** Los resultados obtenidos podrían indicar que un aumento de la fuerza produce un aumento del equilibrio, el cual se traduce en mejoras en la marcha. Además, estas mejoras parecen indicar que aun siendo una lesión avanzada pueden seguir estando presentes mecanismos de neurorrehabilitación, y que el entrenamiento se debería orientar a la repetición de actividades específicas ya aprendidas. Sin embargo, al ser un caso clínico los resultados obtenidos no pueden ser extrapolados a toda la población.

**Conclusiones:** Este programa planteado parece ser efectivo para el aumento de la fuerza y del equilibrio y podría ser efectivo para mejorar la marcha en estados avanzados de la lesión medular incompleta.

## **SUMMARY**

**Introduction:** Spinal cord injury is a damage inflicted to the spinal cord, it causes diverse alterations due to the interruption of the neural circuitry; among them the capacity to generate movement and balance remain impaired. The achievable recuperation is limited, and it is the combination of an spontaneous recovery and an induced recovery.

**Objectives:** To describe a patient's case with an incomplete spinal cord injury and to provide a combination strength and balance program and analyse whether it enhances balance and gait.

**Methodology:** After an initial evaluation, a 24 weeks duration program is provided in order to enhance the strength and balance. Once the program is finalized an evaluation will be done.

**Results:** The results show that the strength, balance and resistance have improved, and so is the gait performance showed in the WISCI scale.

**Discussion:** The results obtained could indicate that improving strength could be beneficial to improve balance and so gait performance.

Furthermore, these improvements may indicate that despite being a chronic spinal cord lesion some neurorehabilitation mechanisms could still be enhanced, and that rehabilitation should be repetitive task specific training to those activities already learnt. Although, as it is a description of a single case the results obtained can not be extrapolated to the whole population.

**Conclusions:** This program provided seems to be effective to improve strength and balance, and it could be effective to enhance gait performance in late stages of incomplete spinal cord injuries.

## **1.INTRODUCCIÓN**

### **Definición:**

Se entiende por lesión medular (LM) cualquier cambio ocurrido sobre la médula espinal que pueda producir alteraciones en el movimiento, la sensibilidad o la función autónoma por debajo de dicha lesión (1). Este tipo de lesiones conllevan un alto impacto económico y altos costes sanitarios (2)(3).

El daño infligido a la médula espinal es consecuencia de la lesión primaria y de la secundaria. La primaria tiene lugar en el momento de la lesión; mientras que la secundaria, recoge todas aquellas consecuencias que ocurren a raíz de la cascada de reacciones bioquímicas desencadenadas por la lesión primaria. Ambas conllevan un deterioro funcional de la médula que se puede traducir en una lesión completa o incompleta (4).

### **Epidemiología:**

Se estima que la prevalencia de la lesión medular global es de 223 a 775 casos por millón y la incidencia global de 10.4 a 83 personas por millón al año (5).

Según los datos recogidos por el hospital nacional de parapléjicos de Toledo en los últimos 20 años, se evidencia un aumento de la media de edad y una disminución de la incidencia (6).

En países desarrollados la etiología más frecuente es la traumática, y como causas más frecuentes son los accidentes de tráfico en varones jóvenes y las caídas en mayores de 60 años (7)(8).

### **Clasificación:**

La lesión medular se clasifica según el nivel y la extensión de la lesión (1), comúnmente se emplea la escala ASIA para clasificarla, la cual evalúa la función motora y sensitiva del individuo para determinar el nivel de la lesión y la extensión. La escala ASIA permite clasificar la extensión de la lesión en: completa, incompleta y completa con preservación parcial (ASIA A)(9).

En las lesiones incompletas se distinguen diferentes síndromes descritos según la región anatómica afectada (10): síndrome centromedular (11), síndrome medular anterior, síndrome de Brown-Sequard (12), síndrome de cauda equina y síndrome del cono medular (13).

### **La lesión medular y el equilibrio:**

Las lesiones medulares conllevan un gran desorden neurológico caracterizado por grandes pérdidas sensoriales y motoras, lo cual afecta negativamente al equilibrio, particularmente al equilibrio dinámico y en consecuencia se compromete la marcha (14). En pacientes con LM, la total o parcial, la pérdida de la percepción somatosensorial y el control motor voluntario son las principales causas de la alteración del equilibrio (15). El equilibrio es crucial si se desea recuperar la habilidad de caminar. Sin embargo, actualmente la rehabilitación se orienta hacia el equilibrio en bipedestación estático y en sedestación, los cuales tienen una transferencia limitada a la marcha (14) (15) (16).

Típicamente la información visual y vestibular en el LM no se afecta. Sin embargo, la pérdida repentina de la información aferente procedente de los segmentos inferiores a la lesión y la pérdida del control motor activo de estos segmentos requiere una adaptación de la representación interna del esquema corporal, la adquisición y recuperación de nuevas estrategias de movimiento en orden a controlar la postura y dominar las actividades de la vida diaria (15).

Estas nuevas estrategias de movimiento o patrones son diferentes a los tenidos previamente a la lesión, se denominan compensaciones. Sin embargo, la recuperación no se atribuye únicamente a la compensación, sino que también es una recuperación real (14).

Incluso sin el uso de ninguna herramienta terapéutica tanto los sujetos humanos como animales con lesión medular incompleta presentan cierto grado de recuperación, esto se conoce como recuperación espontánea. La recuperación espontánea se asocia a adaptaciones o neuroplasticidad en forma de cambios en las propiedades neuronales, nuevas conexiones colaterales o dorsales a la zona lesional, reorganización de los mapas

corticales o cambios en las redes neuronales generadoras de patrones (17) (18).

En los 3 – 6 primeros meses tras la lesión se produce la mayor recuperación. La capacidad de recuperación depende también de la severidad de la lesión (15).

No se puede determinar la capacidad de recuperación espontánea puesto que los modelos animales siempre buscan la recuperación activa (19). Sin embargo, la recuperación espontánea por sí misma no va a dar lugar a una recuperación funcional, y por ello se necesita una combinación terapéutica multidisciplinar: tratamientos de tipo invasivos, farmacológico y rehabilitación. La actividad física se considera esencial en orden a que la reconexión neuronal que se produzca se traduzca en una conexión funcional (20).

La neuroplasticidad es un proceso mediante el cual los axones y las sinapsis se adaptan continuamente al medio cambiante, adaptan su actividad para satisfacer las demandas neuronales de circuitos preexistentes o nuevos. Tras una lesión medular incompleta los mecanismos de regeneración se pueden distinguir entre aquellos que reparan las conexiones antiguas y aquellos que buscan una reorganización sináptica. Estudios demuestran que la estrategia que mayores beneficios da en cuanto a la mejora de la funcionalidad es la reorganización cortical. Sin embargo, no toda la neuroplasticidad va a dar resultados positivos si no que parte de las nuevas conexiones que se generan resultan en espasticidad y dolor neuropático (21).

Actualmente, no existe una terapia única completamente efectiva para restaurar la función nerviosa tras una LM. El ejercicio terapéutico es un método muy extendido, ya que no solo puede mejorar la función de los músculos parcialmente paralizados si no que puede promover la remodelación cortical, proteger la función de las motoneuronas distales dañadas de diferentes niveles, a través de varios canales y, en consecuencia, promover la recuperación funcional (22). Crece la evidencia que afirma que el ejercicio mejora la función en diferentes niveles, desde el propio músculo, a la corteza cerebral, mejorando la estructura muscular y las fibras, regulando

la función fisiológica y metabólica de las motoneuronas y remodelando la función de la corteza cerebral. Estudios demuestran que aquellos sujetos que recibieron ejercicio en momentos tempranos de la lesión pueden restaurar cierto grado de contacto neuronal (17) (21) (22).

### **Neuroplasticidad tras SCI**

Debido a la complejidad de la lesión la combinación de tratamientos es clave. El paradigma del tratamiento actual combina los pilares de la **neuroprotección, neuroregeneración y neurorrehabilitación** (17) (23).

Siendo la **neuroprotección** todos aquellos mecanismos destinados a la conservación, en otras palabras, evitar que la lesión secundaria dañe aquellas estructuras no lesionadas; la **neuroregeneración** aquellos mecanismos que se destinan a regular el ambiente de la zona lesional para favorecer la regeneración; y la **neurorrehabilitación**, referida al ejercicio trata de hallar con aquellos mecanismos de recuperación (17).

Este estudio solo se centra en lo que el entrenamiento puede aportar, no se van a revisar tratamientos farmacológicos o invasivos.

### **Ejercicio como herramienta de neurorrehabilitación y neuroregeneración**

El ejercicio es el mecanismo principal de recuperación. Ha demostrado: preservar la masa muscular, reestablecer la función motora y sensorial (24), inducir la plasticidad neuronal a través de la producción de factores neurotróficos (25), aumentar la concentración de factores neurotróficos a nivel espinal y del tejido muscular y reducir la inflamación alrededor de la zona lesional (26).

Tras una lesión medular incompleta la neuroplasticidad de la corteza y de la médula espinal pueden ser explotadas para conseguir los objetivos terapéuticos planteados (27).

Un estudio realizado por Gazula et al, muestra que en animales que no hicieron actividad física tras la lesión existe una disminución de las conexiones



dendríticas sanas por debajo del nivel lesional y los que sí practicaron deporte un aumento de las conexiones (28).

### **A nivel bioquímico...**

A nivel bioquímico el ejercicio físico eleva la producción de factores de crecimiento y factores tróficos, los cuales realizan funciones neuroprotectoras y neuroregeneradoras. Los factores BDNF y IGF promueven el aprendizaje, la plasticidad neuronal, la excitabilidad y la función sensorial tras la LM. Sin embargo, factores como NGF en exceso provocan la disreflexia autonómica (29) (30).

Es más, estudios demuestran una disminución de los marcadores bioquímicos de espasticidad tras un programa de ejercicio físico en combinación de un tratamiento farmacológico. El mecanismo debajo de estas mejorías reside en la capacidad de cambio de las propiedades neuronales tras la lesión. La espasticidad es resultante de una falta de inhibición post sináptica tras una desregulación de algunos canales como el de potasio y cloro. Sin embargo, la acción de este mecanismo de mejora de las propiedades de las motoneuronas es limitado (26) (32).

El estudio realizado por Graziano et al, en ratas con lesión medular completa a nivel torácico (T9-T10) fueron sometidas a ejercicio de bicicleta para las patas traseras de tipo pasivo. Se estudiaron los niveles de diferentes marcadores bioquímicos, como ADCY1, BDNF. Tras 8 semanas de ejercicio pasivo se evidenció un aumento de los marcadores bioquímicos reguladores de la neuroplasticidad lo que demuestra que el ejercicio físico aún aplicado en ausencia de conexión espinal sensoriomotora regula la presencia de estos marcadores bioquímicos y produce una reorganización cortical. Por el otro lado los autores de este estudio hipotetizan que la regulación de estos marcadores bioquímicos puede ser mediada por el sistema endocrino y cardiovascular activados mediante el ejercicio (32).

### **A nivel de la médula espinal...**

Tras la lesión los caminos neuronales distales sufren una gran variedad de cambios químicos, electrofisiológicos y estructurales que pueden resultar en

la remodelación neurológica. El estudio de Ichiyama et al, estudió como se alteraba el mecanismo de excitación/inhibición de los impulsos tras el SCI y la vuelta a la normalidad de estos parámetros en aquellos individuos que tras el entrenamiento de la marcha lograron recuperarla (33).

Por el otro lado, se ha demostrado que la médula espinal posee una "memoria", lo cual quiere decir que existen circuitos espinales aferentes que se pueden aprender y que pueden retener información, como es el caso de los circuitos neuronales básicos responsables de la generación eficiente de patrones de marcha básicos; que se encuentran en el cordón medular lumbo sacro (27).

Se ha visto que el ejercicio físico ayuda a ser más selectivos en la activación neuronal de estos circuitos. Es decir, la médula espinal posee unos circuitos complejos que se pueden aprender y que se pueden regular mediante un feedback de tipo aferente (30).

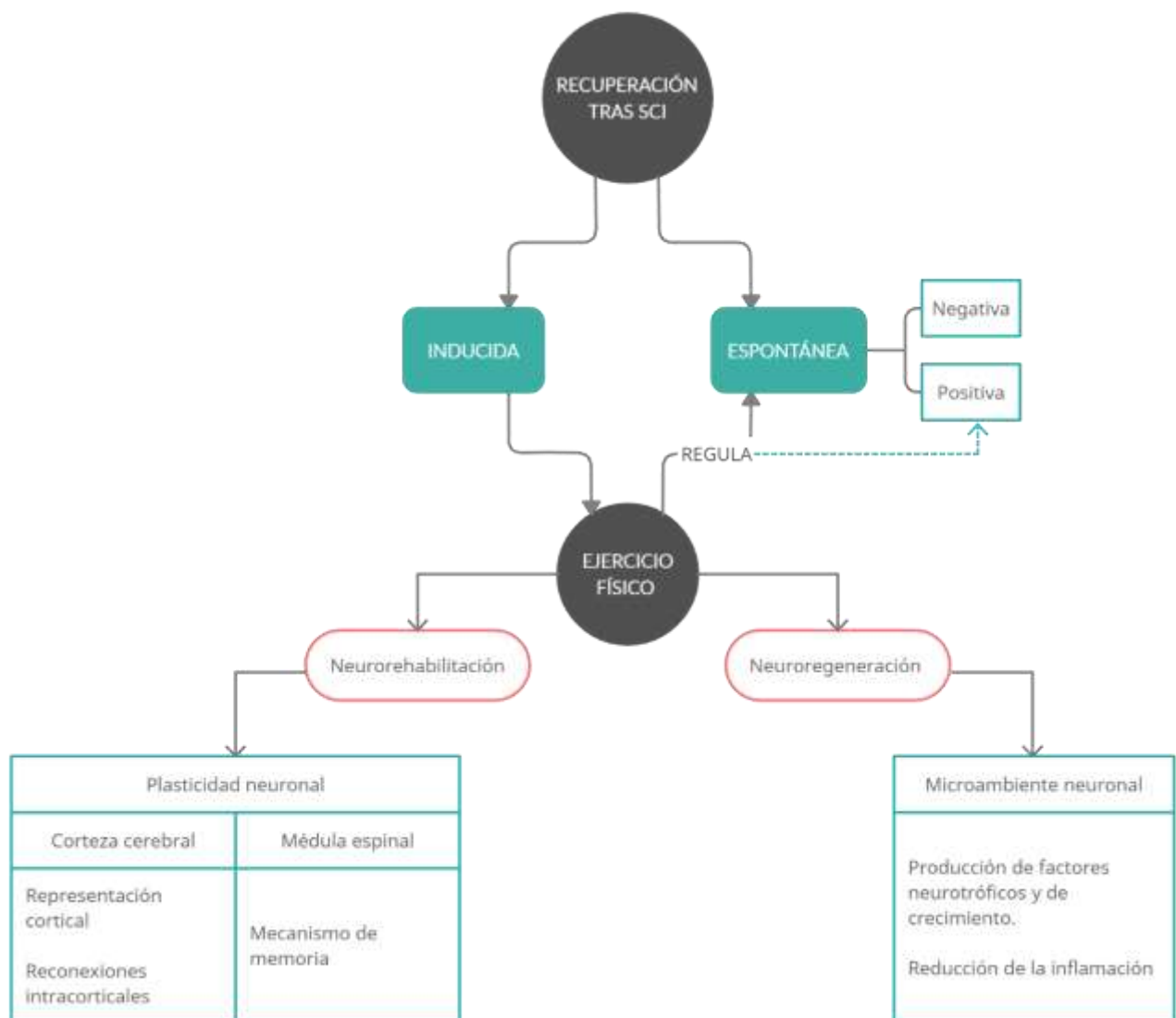
#### **A nivel de la corteza cerebral....**

Uno de los hallazgos más conocidos es que la recuperación tras SCI viene de la mano de una reorganización cortical. Se ha visto que el ejercicio físico aumenta este mecanismo de recuperación.

La reorganización cortical proviene de neuronas de la zona lesional que suplen a las lesionadas expandiéndose y las nuevas conexiones intracorticales producidas (34). Estudios in vitro han demostrado que el ejercicio puede inducir cambios en el circuito neuronal, que sugieren que a través de estímulos aferentes se activan células corticales y se promueve la remodelación nerviosa (22). Tras el SCI los mapas corticales muestran alteraciones significativas; los movimientos conservados presentan una mayor representación en comparación con los sujetos sanos, estas alteraciones son persistentes en el tiempo y responden al entrenamiento (30). En estudios clínicos con pacientes con lesión medular a nivel cervical tras un programa de ejercicio la mejoría se asocia con un aumento de la activación de la corteza motora (36). Otros estudios que han empleado electroencefalogramas confirman que tras los programas de ejercicio se produce una reorganización cortical del área sensoriomotora (37).

La reorganización de la corteza a través del ejercicio no solo viene dada por los estímulos aferentes que aumentan la representación cortical sino también por el aumento de la circulación y de la regeneración neuroendocrina (38).

Aunque la remodelación cortical es un mecanismo importante para la recuperación funcional tras el SCI, un abuso de este mecanismo puede resultar en consecuencias patológicas como el dolor del miembro fantasma y dolor neuropático (22). Todos los mecanismos descritos pueden ser favorecidos mediante el ejercicio físico, además de combinarse con otros tratamientos. Sin embargo, ciertos fármacos como los inhibidores del crecimiento mileínico Nogo-A o la chondroitinase pueden dar resultados peores que si no se combinaran con ningún tipo de rehabilitación (39) (40).



## **¿Qué podemos realizar en estadios avanzados? El entrenamiento basado en la evidencia.**

Toda la evidencia explicada apunta a que la recuperación conseguida mediante el ejercicio físico se relaciona con la liberación de factores neurotróficos, la reconexión neural con aquellas neuronas sanas conservadas, la regulación de la inflamación, lo que se clasifica como una recuperación real. En fases avanzadas el tratamiento se orienta más a la mejora de los mecanismos conservados y a un aumento de la representación cortical, estimular aquellos músculos que han quedado parcialmente paralizados, lo que se clasifica como compensaciones (35).

Los pilares básicos del entrenamiento tras una LM son la especificidad y la carga progresiva, la variación de ejercicios y la descomposición del patrón de movimiento en subfases (23).

### **Especificidad**

El reaprendizaje motor depende de la calidad de los inputs aferentes que se dan a la médula durante el entrenamiento. El entrenamiento debe de ser específico para involucrar los circuitos neuronales y reproducir patrones motores que se van a llevar a cabo en el día a día (35).

La remodelación cortical y los circuitos espinales aferentes que se pueden aprender se trabajan mediante la repetición de patrones específicos (27).

Hutchinson KJ et al, compararon el entrenamiento en piscina, de pie y en cinta rodante en ratas con LM. Aquellas que llevaron a cabo la rehabilitación sobre cinta rodante o de pie presentaron menor alodinia en las patas. Este resultado se asoció además con una normalización del factor BDNF a nivel central y periférico, y con una reducción de los factores inflamatorios. Mientras que estas mejorías no se dieron en aquellos sujetos que llevaron a cabo el entrenamiento en piscina (41).

### **Carga progresiva**

Se alcanza por el aumento de la frecuencia, intensidad, volumen, tiempo y aumento de la complejidad. El objetivo de la carga progresiva es conseguir

una tarea lo suficientemente compleja como para que exista la posibilidad de fallo, pero a su vez que sea asequible (23).

### **Variación**

Se entiende como variación la diversidad de: ejercicios seleccionados, el volumen y la intensidad del programa. Por ejemplo: la variedad de patrones de marcha (42).

### **¿Cuándo se debe de comenzar un programa de entrenamiento?**

Una intervención muy temprana tras la LM puede imponer un gran daño neurotóxico en comparación con la no intervención (43). Por ello se debe de tener en cuenta cuando empezar en fases agudas. Sin embargo, no existe un consenso claro y se inicia tan pronto como la condición del paciente lo permita (44).

### **Justificación del tema**

Una gran parte de las lesiones medulares se producen en pacientes jóvenes en edad de trabajo por lo que dar con aquellos métodos más adecuados para maximizar la recuperación es fundamental, ya que las consecuencias económicas y personales de esta lesión son graves (1) (2) (3).

Un tercio de los individuos con LM van a sufrir caídas por la disminución del equilibrio, las cuales pueden conllevar una lesión que agrave en estado del paciente, por ello la rehabilitación del equilibrio es clave (15).

Existe una falta de líneas de investigación que estudien la rehabilitación del equilibrio dinámico, el cual es fundamental si se desea recuperar la habilidad para caminar. La mayoría de estudios se centran en la recuperación de la marcha en LM agudas, que es lo que más importa a este tipo de pacientes; ya que va a jugar un papel fundamental en su calidad de vida, sin embargo, en individuos con LM crónica la rehabilitación de la marcha aislada no va a dar mejorías significativas, sin embargo, si se combina con un programa de equilibrio dinámico demuestra ser más efectivo (14) (15) (16). Por el otro lado aquellos pocos estudios que evidencian la efectividad de los programas de fuerza para los músculos parcialmente paralizados tras LM no establecen un consenso de los periodos de adaptación muscular. Se desconoce cuando

está indicado variar el entrenamiento para obtener la mayor mejoría posible. También se desconoce si existe un efecto techo del entrenamiento de fuerza.

## **2. OBJETIVOS**

Analizar los efectos producidos tras un programa de entrenamiento combinado de fuerza y equilibrio para la mejora del equilibrio y la marcha del paciente con lesión medular crónica incompleta.

### **Objetivos secundarios del programa son:**

1. Aumentar la fuerza medida según la escala de 13 puntos mediante un entrenamiento de fuerza o resistencia progresiva.
2. Mejorar el equilibrio estático en bipedestación mediante un programa de equilibrio estático específico, se valorarán diferentes ítems del test de Berg y mini-BESTest.
3. Mejorar el equilibrio dinámico mediante un programa específico de equilibrio dinámico, se valorará mediante diferentes ítems del test Berg y mini-BESTest.
4. Comprobar si la mejora del equilibrio se transmite a una mejora de la marcha, lo cual quedará reflejado en la escala WISCI y en la prueba TUG.
5. Mejorar la condición física del paciente, mediante el entrenamiento, lo cual se valora en los resultados del 6MWT.

### **3. METODOLOGÍA**

#### **Diseño del estudio**

Se trata de un estudio de un caso clínico, de tipo descriptivo longitudinal, en el que se realiza una primera fase de valoración del paciente con toma de medidas pre - tratamiento, seguido de una intervención o tratamiento y una medición post - tratamiento B.

Las valoraciones que se realizan pre y post - tratamiento constituyen las variables dependientes del estudio y el tratamiento la variable independiente. En este caso las variables dependientes serán diferentes mediciones de la fuerza y el equilibrio.

El paciente fue informado antes del comienzo del estudio, tanto del procedimiento como del tratamiento y de la recogida de material audiovisual, quedando reflejado en el consentimiento informado (Anexo I).

#### **EVALUACIÓN INICIAL**

##### **Historia clínica y anamnesis**

Paciente hombre de 27 años con lesión medular incompleta crónica T10 ASIA C, por accidente de tráfico, de dos años de evolución previo a esta intervención. Asociado a la lesión medular fue diagnosticado de traumatismo torácico grave, múltiples fracturas costales, contusiones pulmonares y neumotórax, fractura de extremo distal de clavícula derecha, fractura de escápula izquierda con lesión del plexo braquial asociada (cordón posterior), fractura de T11 con afectación del muro posterior y otras fracturas vertebrales como del cuerpo vertebral de L1 con múltiples fragmentos de extensión al pedículo derecho, de la apófisis espinosa de C7 y D10 y de transversas izquierdas L1-L3, fue intervenido de urgencias realizándose laminectomía T11 y artrodesis T10-L2.

Meses después del accidente fue ingresado en el hospital nacional de parapléjicos, donde realizó tratamiento rehabilitador consistente en cambios posturales, cinesiterapia, potenciación muscular, reeducación de la marcha convencional y con sistema LOKOMAT, reeducación de las actividades de la

vida diaria, reeducación intestinal y vesical, prescripción de órtesis y ayudas técnicas y adaptación y posicionamiento en la silla manual.

Evolución locomotora que refiere el paciente: primero comenzó con marcha en paralelas con dos bitutores largos y a continuación, pasó al uso de solo un bitutor en el miembro derecho y antiequino en el izquierdo en paralelas. Un año después de la lesión y tras la rehabilitación en el hospital nacional de paraplejía obtuvo un WISCI 0-5.

El paciente continuó realizando rehabilitación. Hasta la fecha de inicio de esta intervención, realiza 2 sesiones a la semana de fisioterapia en piscina, 2 sesiones de entrenamiento de fuerza a la semana con un fisioterapeuta privado y 3 sesiones de fisioterapia a la semana en la seguridad social. Además, camina sobre paralelas todos los días ya que en su domicilio dispone de ellas.

Actualmente el paciente emplea la silla de ruedas para la mayoría de sus desplazamientos, aunque también emplea el andador para los desplazamientos en casa o cortos con el uso de un DAFO en el pie derecho. Reporta haber sufrido caídas en el pasado, pero no le han creado ninguna lesión o daño.

### **Inspección estática**

#### **Valoración articular y espasticidad**

El rango articular es completo en miembros superiores e inferiores. Excepto ligera limitación en la flexión dorsal del tobillo bilateral  $\leq 10^\circ$ .

Además, se cuantifica la espasticidad según la escala modificada de Ashworth = 2. La espasticidad solo está presente por debajo de la lesión, es decir, solo en miembros inferiores, por lo que la escala Ashworth modificada es indicada (45).



## Valoración neurológica con la escala ASIA

### Valoración de la fuerza

Balance muscular miembros superiores: 5/5, recuperación completa de la parálisis braquial. Balance muscular **miembros inferiores izquierdo** (escala Daniels): L2 flexores de cadera 2/5, L3 extensores de rodilla 2/5, L4 flexores de tobillo 0/5, L5 extensores del primer dedo 1/5, S1 flexores plantares de tobillo 2/5. **Miembros inferior derecho**: L2 flexores de cadera 2/5, L3 extensores de rodilla 2/5, L4 flexores de tobillo 0/5, L5 extensores del primer dedo 1/5, S1 flexores plantares de tobillo 2/5. Contracción anal activa presente.

<b>Raíz nerviosa evaluada</b>	<b>Miembro inferior izquierdo</b>	<b>Miembro inferior derecho</b>
<b>L2</b>	2/5	2/5
<b>L3</b>	2/5	2/5
<b>L4</b>	0/5	0/5
<b>L5</b>	1/5	1/5
<b>S1</b>	2/5	2/5

### Valoración sensitiva

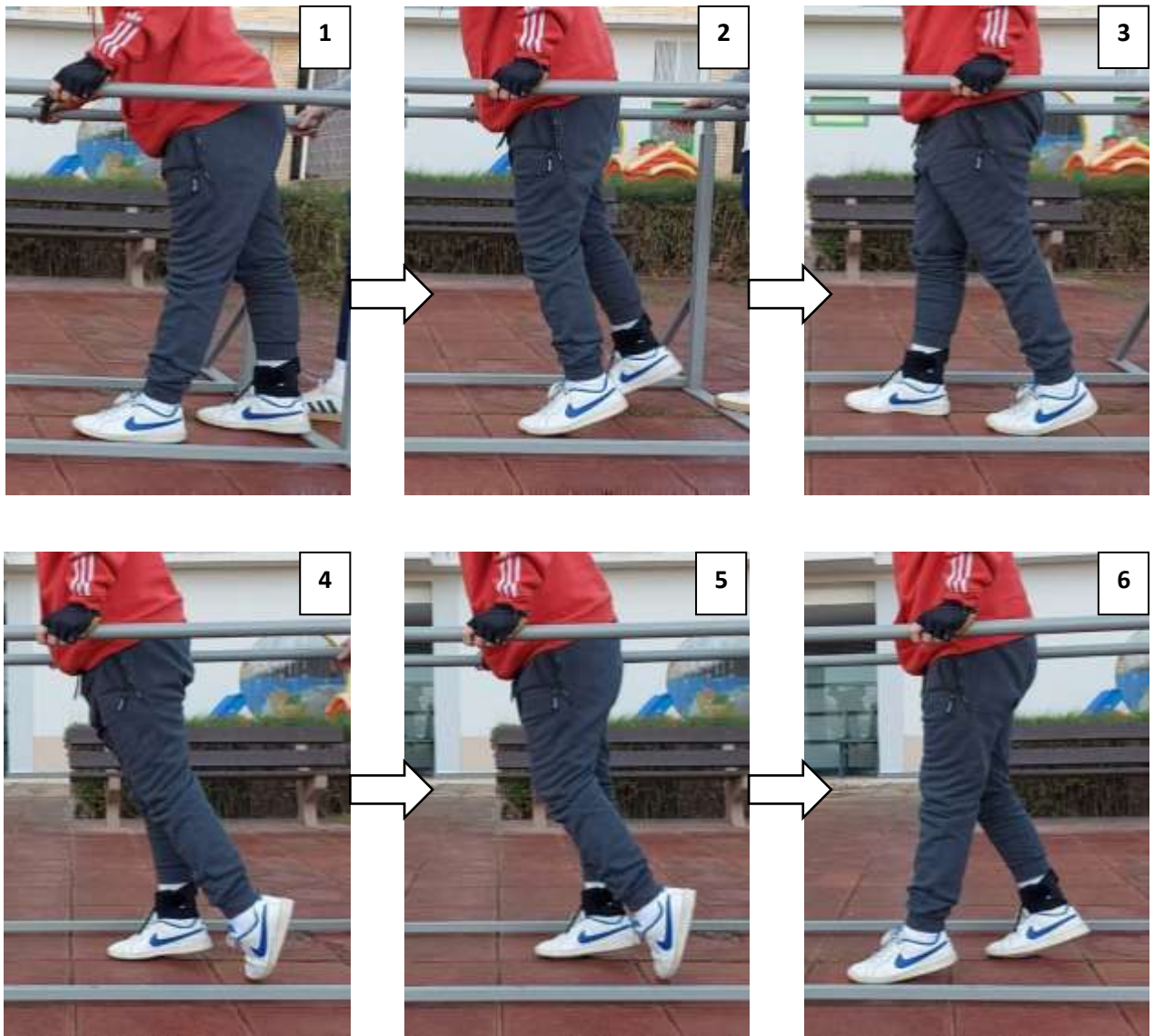
Se valora la sensibilidad fina con un algodón realizando pases suaves por los dermatomas. Sensibilidad fina normal hasta T10 en ambos hemisferios. En el hemisferio derecho desde T10 hasta S4-5 todos tienen sensibilidad fina normal excepto en T12 y L4, que se encuentra disminuida. En el hemisferio izquierdo sensibilidad fina normal hasta T10, disminuida desde T11 hasta S4-5, excepto S2 que es normal.

La sensibilidad nociceptiva en ambos hemisferios normal hasta el nivel de T11. En el hemisferio derecho se encuentra disminuida desde el segmento L1 a S2, conservada en T11, T12, S3, S4-5. En el hemisferio izquierdo disminuida desde T11 hasta S2, conservada en S3, S4-5.

## Inspección dinámica

### Valoración de la marcha en paralelas

Se valora la marcha del paciente. Subjetivamente, la pierna derecha es lanzada durante la marcha para avanzar, la rodilla derecha se bloquea en hiperextensión en la fase de apoyo, no hay desbloqueo voluntario de la rodilla derecha. El pie izquierdo es arrastrado en la fase de balanceo. La pierna izquierda sí que se observa el desbloqueo de la rodilla para el inicio del paso y la puntera del pie es arrastrada, se bloquea en extensión en la fase de apoyo.



Se pasa la escala WISCI = 9 (ICC=0.0994) (46). Se pasó el test Time up ang Go (ICC=0.98) en paralelas (3 metros) con un resultado obtenido 1' 27", test muy útil empleado junto con el WISCI para evaluar el nivel de independencia de los pacientes con LM y la necesidad de ayudas para la marcha (47).

### **Valoración de la marcha sin paralelas**

Se decidió emplear el 6 Minut Walk Test (ICC=0.91-0.98), no se pudo completar por agotamiento del paciente antes de completar los 6 minutos de prueba, se puede considerar además una valoración de la fuerza resistencia del paciente, el resultado fueron 39 metros recorridos en 2' 47" (48).

### **Valoración específica de la fuerza:**

A continuación, se pidieron semisentadillas, sin descansos, se obtuvo un total de 30.

Al ser un programa que como variable dependiente va a evaluar la fuerza se valora la contracción muscular según una escala de 13 puntos, empleada en el estudio de Bye AE et al en 2019, en los músculos de interés para el trabajo (48). Miembro inferior izquierdo: gemelo 2+, cuádriceps 1+, glúteo medio 1, tibial anterior 0, glúteo mayor 2+, isquiotibiales 2-, psoas 1+. Miembro inferior derecho: gemelo 2+, cuádriceps 1+, glúteo medio 1, tibial anterior 0, glúteo mayor 2+, isquiotibiales 1+, psoas 1+.

<b>Músculo</b>	<b>Izquierdo</b>	<b>Derecho</b>
<b>Gemelo</b>	5	5
<b>Cuádriceps</b>	2	2
<b>Glúteo Medio</b>	1	1
<b>Glúteo Mayor</b>	1	1
<b>Tibial anterior</b>	0	0
<b>Isquiotibiales</b>	3	2
<b>Psoas</b>	2	1

### **La valoración específica del equilibrio.**

Para la valoración del equilibrio en sedestación se empleó el Modified Functional Reach test para valorar el equilibrio sentado en la silla (4): inclinación hacia delante: 113 cm, inclinación derecha: 77cm, inclinación izquierda: 95 cm. (ICC=0.90-0.97)

A continuación, se pasaron los siguientes test: Escala de equilibrio de **Berg** (ICC= 0.92) (16): 11/56, **mini-BESTest** considerado el Gold-estándar para valorar el equilibrio en pacientes con lesión medular (ICC = 0.96) (51) (52): 7/28, **Escala de Tinetti** para la valoración del equilibrio y de la marcha: 9/28.

Además, para la valoración del equilibrio se hicieron las siguientes mediciones. El paciente en las paralelas debía de aguantar el máximo tiempo posible sin agarrarse, se contabilizó el tiempo desde que se soltó de las barras hasta que necesito volver a agarrarse, en cada posición se hicieron 3 mediciones y se anotó la mejor de las tres, para conseguir soltarse de las paralelas necesitó varios intentos. Los resultados fueron: en posición de semi tándem con el pie izquierdo delante 12.48", en semi tándem con el pie derecho delante 5.03", con los pies a la altura de los hombros 10.08". El ítem 7 del mini-BESTest, corresponde al tiempo que se puede aguantar en bipedestación con las manos en las caderas, sin embargo, es incapaz de mantener esta posición, por ello se apunta el tiempo que permanece de pie con los brazos pegados al tronco. Además, se destaca el tiempo aguantando en posición de tándem y semitandem, ítems 13 y 14 correspondientes a la escala de equilibrio de Berg.

### **Valoración funcional**

Se considera con dependencia moderada para las actividades de la vida diaria según la puntuación obtenida en la escala de Barthel (80/100) (53).

## **Diagnóstico de fisioterapia**

Según la información obtenida en la evaluación fisioterápica el paciente presenta limitaciones neuromusculares debidas a una lesión medular incompleta a nivel de T10 clasificada como C según la escala ASIA, sin otras comorbilidades asociadas.

El paciente no refiere dolor, sin embargo, presenta una disminución en la sensibilidad y fuerza muscular, valoradas con la escala ASIA, además de una limitación de la marcha a velocidad normal y rápida, cuantificada con un WISCI= 9.

La limitación de la fuerza queda reflejada en la escala Daniels empleada en la escala ASIA y en la escala de 13 puntos en la cual queda reflejada con mayor detalle.

El paciente demostraba una disminución del equilibrio evidenciada en:

- La escala de equilibrio de Berg evidencia un déficit en el control del centro de gravedad tanto dinámico como estático (ítems 2, 4, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14) y una debilidad de los miembros inferiores (ítems: 1, 2, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14).
- Por el otro lado el mini-BESTest evidencia ausencia de estrategias de equilibrio anticipatorio ítems 1, 2 y 3; ausencia de estrategias de equilibrio reactivas ítems: 4, 5, 6; dependencia de la orientación sensorial para la regulación del equilibrio ítems 7, 8, 9 y severa limitación en el control de equilibrio dinámico ítems 10, 11, 12, 13, 14.

Por último, se considera que presenta una dependencia moderada reflejada en la escala de autonomía para las actividades de la vida diaria de Barthel.

En conjunto, todo ello ha provocado un cambio en su vida diaria y le ha incapacitado para continuar con su trabajo previo a la lesión.

## **Plan de intervención**

El tratamiento se ha centrado en estrategias para el aumento de la fuerza muscular, el equilibrio, estabilidad abdominal en orden a mejorar el equilibrio dinámico y finalmente objetivar si se obtiene un impacto sobre la marcha y el equilibrio (16).

Se plantea un programa de evolución de 24 semanas, con inicio el: 1 de noviembre de 2020 y final el 18 de abril de 2021.

El tratamiento de los músculos parcialmente paralizados se realiza con una serie de tratamientos, la más aceptada es entrenamiento mediante la resistencia progresiva, los estudios dan entre 6 semanas a 12 semanas de entrenamiento, todos ellos con resultados favorables. Se ven diferencias en los niveles de fuerza pre – post entrenamiento sin embargo no todos los estudios reportan cambios en la marcha (49). En este trabajo se intenta ver los cambios producidos en el equilibrio y la marcha del paciente mediante el entrenamiento de la fuerza añadido a un programa de equilibrio.

Se considera que se encuentra en una etapa subaguda (46). Se han demostrado eficaces, tanto para LM completas e incompletas, subagudas, entrenamientos de fuerza para mejorar la marcha y el equilibrio (49).

Se plantea un entrenamiento en el que cada 6 semanas se cambiarán los ejercicios, es el mínimo tiempo en el que los diferentes estudios revisados reportan cambios (49)(54). Dentro de estas seis semanas se irá aumentando semana a semana la intensidad del entrenamiento, aumentando el número de repeticiones de cada ejercicio. Cuando comienza un entrenamiento nuevo, se calcula el número de repeticiones máximas que puede realizar hasta el fallo, se contabilizan y se trabaja 3 repeticiones por debajo de este número. Excepto en el trabajo de Core que se mantiene. Se plantea así ya que para estados crónicos o subagudos de la lesión existe evidencia moderada – baja afirmando que 2-3 sesiones de fuerza por semana al 50-80% de la fuerza máxima, organizado en 3 sets de 10-15 repeticiones puede mejorar el sistema cardio respiratorio y la fuerza muscular en SCI (50).

El entrenamiento de fuerza consistirá en un calentamiento, andar en las paralelas 5' hacia delante y hacia atrás con descansos; se han visto beneficios de la marcha hacia atrás en el equilibrio (54), seguido de un descanso de 1' en el que se le explicará el entrenamiento, 3 ejercicios de fuerza de miembros inferiores, 1 ejercicio de core 45', entrenamiento específico del equilibrio 15', un enfriamiento en el que se estirarán los músculos trabajados. El entrenamiento se realiza todos los martes y jueves.



VALORACIÓN INICIAL	VALORACIÓN 2	VALORACIÓN FINAL
1/11/2020	31/12/2020	18/04/2021

#### **Objetivos a corto plazo: (31 de diciembre)**

- Cumplir semana a semana las repeticiones marcadas.
- Conseguir el desbloqueo voluntario de la rodilla derecha.
- Aumentar los tiempos de equilibrio en bipedestación.

#### **Objetivos a medio plazo (15 de febrero)**

- Cumplir semana a semana el número de repeticiones fijadas.
- Conseguir la triple flexión cadera rodilla tobillo.
- Aumentar el número de metros recorridos y el tiempo andando (6 Minut Walk test).
- Aumentar los tiempos de equilibrio en bipedestación.
- Conseguir la posición de semitandem con el pie ligeramente despegado del suelo agarrado a una mano en las paralelas sin riesgo de caída.

#### **Objetivos a largo plazo (valoración final 18 de abril – valoración final)**

- Máxima autonomía posible en su vida diaria.
- Aumentar el balance muscular en glúteo medio, mayor, psoas y cuádriceps según la escala de 13 puntos.

- Aumentar el número de metros recorridos y el tiempo en el 6 Minut Walk Test.
- Aumentar los tiempos de equilibrio en bipedestación.
- Mejorar los resultados de los test específicos de equilibrio.
- Conseguir la bipedestación sobre un solo pie agarrado a una mano sin riesgo de caída.

### **Primeras seis semanas:**

Calentamiento y control motor: andar en las paralelas hacia delante y la vuelta hacia atrás. 5'

### **FUERZA**

En paralelas

- Subir un pequeño escalón exigiendo desbloqueo de rodilla. Se comienza en 6 repeticiones la primera semana y 12 repeticiones la última. Se realizan 3 series, ambas piernas, descanso de 1' entre series.
- Glúteo medio: encima del escalón con solo un pie debe de descender la hemipelvis contraria hasta tocar con el pie el suelo y ascender la hemipelvis de nuevo hasta igualar ambas. Se realizan 3 series de 10 repeticiones la primera semana, hasta conseguir 16 repeticiones la última semana. Descanso entre series de 1'.

En pared:

- Apoya la espalda en la pared y con las manos en el andador, desbloquea ambas rodillas y vuelve a bloquear. Se realizan 3 series de 8 repeticiones la primera semana, 14 en la última. Se le ayuda a desbloquear la rodilla si necesario. Descanso de 1'30" entre series.

En camilla:

- Ejercicio de oblicuos. 4 series de 15 repeticiones. 30" de descanso.

### **EQUILIBRIO:**



- Desplazamientos del centro de gravedad: De pie en las paralelas, con la camilla delante como referencia. Se agarra en las paralelas y debe de desplazar el centro de gravedad del cuerpo a la derecha y a la izquierda, hacia delante y hacia atrás, en posición de semi tándem. Primero con los pies fijos en el suelo hasta conseguir que se eleven ligeramente los pies del suelo y un desplazamiento del centro de gravedad más marcado.
- Alcances: Sentado en camilla alta se le pedía inclinarse hasta el suelo para alcanzar objetos en diferentes posiciones.

Enfriamiento: estirar recto anterior, glúteos y piramidal.

### **Segundas seis semanas:**

Calentamiento y control motor: 5' Andar en las paralelas superando el obstáculo, escalón pequeño, que se va colocando. 3 veces los 7 metros.

### **FUERZA:**

- Sentadillas en la pared: se realizan 3 series. Comienza con 6 repeticiones la primera semana, 12 la última. Se apoya en la pared intentando soltar las manos del andador y realizar una sentadilla. Descanso de 1'30".
- Puentes de glúteo en camilla. 3 series. Comienza con 10 repeticiones la primera semana 16 la última. Descanso de 1'.
- Prensa de piernas con resistencia manual. 3 series de 12 repeticiones la primera semana, 18 la última. Descanso de 1'.

Core:

Se trabaja en superserie: en decúbito supino sobre la camilla, se realiza el circuito 3 veces y se deja descansar 1'.

- Sit up con resistencia, teraband 15 repeticiones.
- Con los talones apoyados en la camilla se llevan de lado a lado 30 repeticiones.
- Crunches 15 repeticiones.

### **EQUILIBRIO**

En bipedestación en las paralelas. Desplazamientos del centro de gravedad:

- Desplazamiento del peso en semi tándem, posición de paso, despegar el pie hasta la puntera y volver hacia atrás. Primero con el derecho y luego con el izquierdo. Las manos no deben de soportar el peso del cuerpo, están tocando las paralelas como referencia.
- Desplazamiento del peso con los pies más cerrados que la altura de los hombros. Las manos no deben de soportar el peso del cuerpo, están tocando las paralelas como referencia.

Enfriamiento: estirar glúteos, piramidal y recto anterior.

### **Terceras seis semanas:**

Calentamiento y control motor: andar en paralelas superando el obstáculo del escalón 5', que se pone varias veces durante el recorrido. 3 veces los 7 metros de las paralelas.

### **FUERZA**

- Sentadillas en TRX: no se realizan completas. Se realizan 3 series de 5 repeticiones la primera semana, pasa a 11 repeticiones en la última semana.
- En la pared: desbloques de rodilla, primero una pierna y después la contraria. Realiza 3 series: 7 desbloques con cada rodilla la primera semana, finalizar con 13.
- Abducciones de cadera resistidas de forma manual.

Core:

Se trabaja en superserie: en decúbito supino sobre la camilla, se realiza el circuito 3 veces y se deja descansar 1'.

- Sit up con resistencia, teraband 15 repeticiones.
- Con los talones apoyados en la camilla se llevan de lado a lado 30 repeticiones.
- Crunches 15 repeticiones.

### **EQUILIBRIO:**

- En las paralelas en posición de semi tándem, posición de paso despegar el pie hasta la puntera, con ambas rodillas desbloqueadas y aguantar en esa posición unos segundos. Las manos hay que intentar que no soporten todo el peso si no que actúen como referencia e incluso soltarlas si se puede. Se realiza con ambos pies.

Enfriamiento: estirar glúteos, piramidal y recto anterior.

### **Cuartas seis semanas:**

Calentamiento y control motor: Caminar en paralelas superando el obstáculo del escalón 5', que se pone varias veces durante el recorrido. 3 veces los 7 metros de las paralelas.

### **FUERZA:**

- En paralelas desbloques de rodilla primero una y luego la otra, se realizan 3 series. Empieza primero con 9 repeticiones en cada pierna, se finaliza con 15. Descanso de 1'30".
- Sentado en la camilla realizar abducciones de cadera. 3 series, empieza con 7 repeticiones terminar con 13. Descanso de 1'.
- Sentado en la camilla con los pies en el suelo pasar de extensión de rodilla a flexión arrastrando los pies por el suelo, realiza 3 series de 12 repeticiones, 18 la última semana, descanso de 1'.

Core:

Se trabaja en superserie: en decúbito supino sobre la camilla, se realiza el circuito 3 veces y se deja descansar 1'.

- Sit up con resistencia, teraband 15 repeticiones.
- Con los talones apoyados en la camilla se llevan de lado a lado 30 repeticiones.
- Crunches 15 repeticiones.

### **EQUILIBRIO:**

- Agarrado en las paralelas ayudarle a despegar un pie del suelo y que mantenga la posición lo que pueda, se realiza con ambos pies. Apoyando las manos como referencia e incluso soltar si se ve capaz.
- En bipedestación, apoyado ligeramente en la pared, debe de desbloquear ambas rodillas, mantener la posición y soltar las manos del andador, a la vez que se realizan choques de palmas con el fisioterapeuta.

Enfriamiento: estirar glúteos, piramidal y recto anterior.

### **Hidroterapia**

Se plantea un entrenamiento de equilibrio en piscina, para realizar dos veces a la semana a días alternos, los lunes y miércoles.

Se ha demostrado que el medio acuático es un entorno que reduce la espasticidad y por sus condiciones permite mayor libertad de trabajo para el paciente con LM (55). Sin embargo, según la revisión sistemática de Li C et al, realizada en 2017 no se reportan mejoras específicas en el equilibrio (56).

El objetivo de este entrenamiento es realizar las actividades de fuerza y equilibrio que en el exterior no se pueden realizar debido a la espasticidad, a la falta de fuerza y al riesgo de caída que supondrían si se hiciera.

Los objetivos de este programa son:

- Que sea capaz de estar en bipedestación sin ayuda, sin riesgo de caída realizando actividades controladas.
- Que sea capaz de dar un paso adelante y atrás 10 veces seguidas sin apoyo.
- Mantener la bipedestación a una pierna, sin ayuda y sin riesgo de caída.
- Andar por la piscina con una ayuda y sin riesgo de caída.

Para ello se plantea el siguiente entrenamiento, que comienza el día 17 de diciembre debido al cierre de las piscinas por la situación actual del COVID-19.

## ENTRENAMIENTO:

Calentamiento: 5 minutos

- Andar hacia delante, hacia atrás y de lado. La progresión consistirá en andar agarrado al bordillo con una mano, a emplear una ayuda (tipo churro).

Entrenamiento de fuerza: 35 minutos

- 3 sets de 10 repeticiones que progresan a 20 de flexión de rodilla y cadera, llevándola al pecho, todo lo que se pueda.
- 3 sets de 10 que progresan a 20 de abducciones laterales de cadera.
- 3 sets de 5 repeticiones que progresan hasta 15, subir un escalón y bajar de forma controlada.
- 3 series de 10 repeticiones que progresan a 20 de ponerse de puntillas y bajar de forma controlada.

Equilibrio

- 3 series de mantener 20" la bipedestación a un pie se repite 10 veces con cada pie primero agarrado en el bordillo a una mano y pasar a sin agarre.
- 3 series de 5 repeticiones con cada pierna: agarrado en el bordillo con ambas manos realizar una flexión de tronco y extensión de cadera unilateral manteniendo el equilibrio, progresar a usar solo una mano.
- 1' x 3. En bipedestación apoyando la espalda en la pared alcanzar objetos a diferentes alturas.
- - 30" x 3. En bipedestación realizar giros de tronco de forma controlada primero con la ayuda de un churro y progresar a realizarlos sin ayuda.

Estiramientos, en el agua, ayudarse del bordillo de la piscina

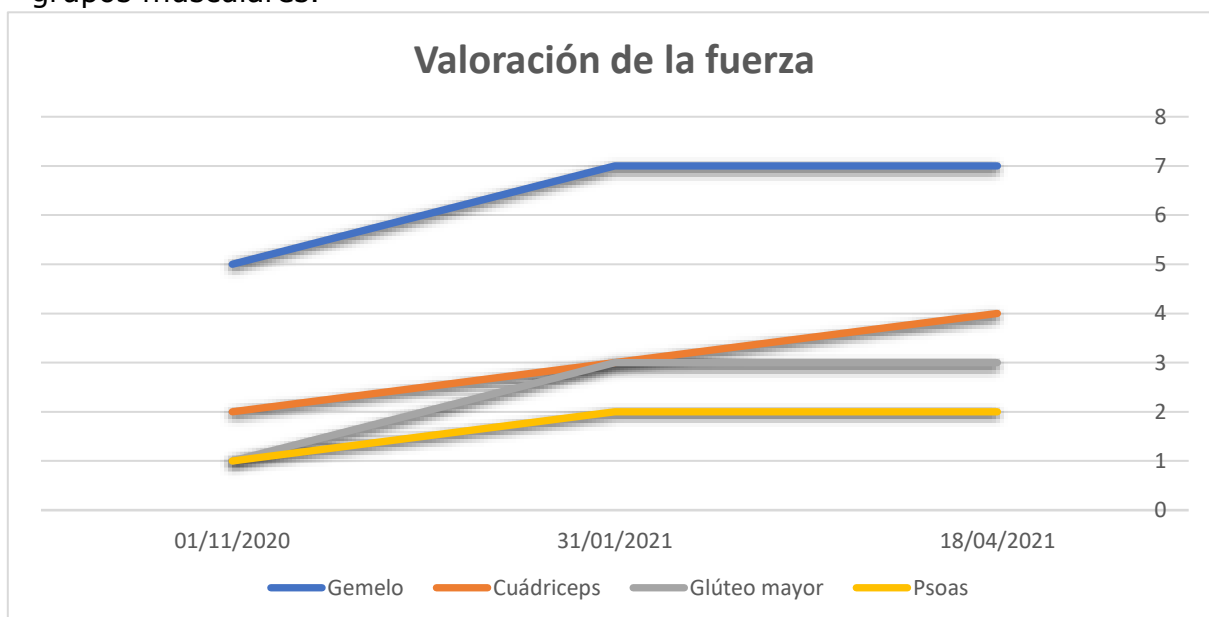
- Cuádriceps
- Isquiotibiales

#### 4. RESULTADOS

A día 18 de Abril de 2021 se vuelven a pasar las mismas escalas y test usadas en el inicio del estudio para la valoración fisioterápica.

	1/11/2020		31/01/2021		18/04/2021	
Músculo	Izdo	Dcho	Izdo	Dcho	Izdo	Dcho
<b>Gemelo</b>	5	5	7	7	7	7
<b>Cuádriceps</b>	2	2	3	3	4	4
<b>Glúteo medio</b>	1	1	1	1	1	1
<b>Glúteo mayor</b>	1	1	3	3	3	3
<b>Isquiotibiales</b>	3	2	3	2	3	2
<b>Psoas</b>	2	1	2	2	2	2
<b>Abdominales</b>	5	5	5	5	5	5

El grupo muscular del cuádriceps es el que mayor mejoría presenta. Se pasa de mover un pequeño recorrido con la gravedad eliminada, equivalente a 1 en escala Daniels, a un recorrido completo con la gravedad eliminada, nivel 2 en escala Daniels. El grupo muscular del gemelo aumenta dos niveles, sin embargo, la mejoría se estanca tras los 2 meses de tratamiento, correspondiente a la valoración del día 31/01. La misma situación se repitió para el glúteo mayor y para el psoas. No se obtiene mejoría en el resto de grupos musculares.



En relación con las escalas empleadas para valorar el equilibrio se obtiene una mejoría en la escala de **Tinetti** en los ítems: intentos para levantarse y equilibrio inmediato al levantarse, se pasa de necesidad de varios intentos para levantarse a ser capaz de levantarse con un solo intento; y por el otro lado, pre tratamiento tras levantarse aparecía un tambaleo y un marcado balanceo del tronco, y post tratamiento aparece una estabilidad inmediata tras levantarse si se ayuda de las paralelas o del andador.

En el **mini-BESTest** se refleja una mejoría en el equilibrio anticipatorio y dinámico. Al igual que en el Tinetti, la mejoría obtenida en el test reside en la capacidad para levantarse en un solo intento. Por el otro lado, en dinámico post tratamiento es capaz de superar un obstáculo o escalón, disminuyendo la velocidad de la marcha.

La **escala de equilibrio de Berg**, refleja la capacidad de levantarse con un solo intento al igual que el mini-BESTest y la escala de Tinetti como una mejoría de un punto (ítem 1). Otros ítems donde se refleja una mejoría son: 1, 7, 14. 1: obtiene una puntuación de más dos puntos en la capacidad para conseguir la sedestación de manera segura y con el uso de las manos. 7: se obtiene una puntuación de más un punto, se puede mantener la postura de bipedestación sin agarrarse durante más de 15", esta es una de las pruebas que se empleó por separado para controlar la mejoría a lo largo del estudio, queda reflejada más abajo en la tabla. Finalmente, el ítem 14, se suma un punto ya que es capaz de intentar levantar una pierna, sin mantenerla 3" pero permanece de pie sin ayuda.

Por último, se valora el equilibrio en sedestación con el **Modified Functional Reach Test**, no obtiene una mejora significativa. (58).

La marcha se valora con el Test de **Tinetti para la marcha**, se obtiene mejoría en el ítem: continuidad de los pasos; previo a la intervención se para durante la marcha, actualmente se para por agotamiento.

Por otro lado, la escala de WISCI presenta la mayor mejoría. Se pasa de un nivel 9 equivalente al uso de un andador, una órtesis que permite el desbloqueo de rodilla y no emplear asistencia para recorrer una distancia de

10 metros, a un nivel 13 equivalente al uso del andador, sin el uso de una órtesis.

Por último, la escala de autonomía de Barthel no obtiene mejoría.

	<b>1/11/2020</b>	<b>18/04/2020</b>
<b>Autonomía de Barthel</b>	80/100	80/100
<b>Berg</b>	11/56	15/56
<b>mini-BESTest</b>	7/28	9/28
<b>Tinetti equilibrio</b>	5/12	7/12
<b>Tinetti marcha</b>	4/12	5/12
<b>Tinetti total</b>	9/28	12/28
<b>Escala WISCI</b>	Nivel 9	Nivel 13

#### Functional Reach Test

	<b>Trial 3 – 1/11/2020</b>	<b>Trial 3 18/04/2021</b>
<b>Delante</b>	113	112
<b>Derecha</b>	77	80
<b>Izquierda</b>	95	94

Durante el estudio para el control de la mejoría se realizaron unas mediciones donde se busca reflejar la mejora de la fuerza y del equilibrio durante el estudio. Se realizaron los días: 1/11/2020, 31/01/2021, 18/04/2020. Como medidas se seleccionaron: el TUG en paralelas, el número de semisentadillas, el 6 Minut Walk Test; que no se completa en ninguna prueba se para por agotamiento y finalizan los 6 minutos, y finalmente, el equilibrio sin uso de las manos en semi tándem derecho e izquierdo y con los pies a la misma altura.

	<b>1/11/2020</b>	<b>31/12/2020</b>	<b>18/04/2020</b>
<b>Metros 6 MWT</b>	39	43	49
<b>Semisentadillas</b>	30	70	100
<b>TUG</b>	1' 27"	52.57"	47.32"



El día 31 de diciembre al valorar el 6 Minut Walk Test se recorrieron 43 metros en un tiempo de 2'47" y el día 18 de abril se recorrieron los 49 metros en 2'54", lo que demuestra un aumento de la velocidad de paso, en la que en la primera medición se recorren 0,23 metros por segundo, en la segunda medición 0,26 metros por segundo y en la última que se toma 0'28 metros por segundo.

	<b>1/11/2020</b>	<b>31/12/2020</b>	<b>18/04/2021</b>
<b>Semitandem I</b>	12.48"	35.01"	41.00"
<b>Semitandem D</b>	5.03"	30.83"	40.62"
<b>Misma altura</b>	10.08"	26.42"	28.10"

En relación con los objetivos marcados generales para el entrenamiento, se cumplieron semana a semana las repeticiones marcadas, se aumentaron los tiempos de equilibrio en bipedestación y los balances musculares de 4 de los 6 grupos musculares parcialmente paralizados y se consiguió una ligera mejora de los diferentes Test pasados, excepto del Berg.

Por el otro lado, en cuanto a los objetivos específicos, se consiguió el desbloqueo voluntario de la rodilla derecha, sin embargo, no se incorpora a la marcha. La triple flexión de rodilla no se consiguió realizar, en el tiempo de este estudio. Si que se consiguió en la última fase del tratamiento la bipedestación sobre un pie y agarrado con una mano y sin riesgo de caída. Finalmente se aumentó el número de metros recorridos en el 6 MWT.

## 5. DISCUSIÓN

En este estudio se evidencia un aumento de la fuerza según la escala de 13 puntos, un aumento de la fuerza resistencia en el 6 MWT, leves mejoras del equilibrio dinámico y estático; que quedan plasmados en los resultados obtenidos de los test de Berg, mini-BESTest y Tinetti, y una mejora de la marcha evidenciada en el TUG y en la escala WISCI. Previo a la discusión de los resultados obtenidos cabe mencionar los indicadores positivos para el tratamiento de este paciente, que son: no presenta comorbilidades asociadas, no hay existencia ni signos de parálisis, sensación parcial, lesión medular incompleta y motivación para el tratamiento. Los indicadores negativos incluían la cronicidad de su lesión, el tipo de lesión y el estadio subagudo (46). Las lesiones cervicales, torácicas y toracolumbares presentan peores pronósticos de mejoría, en comparación con las lumbares (59).

El estudio de Bye et al incluyó 10 participantes con LM crónica que cursaban con parálisis parcial en diferentes músculos. Se obtuvo una media de un 14% más de fuerza isométrica, medida con dinamómetro, y un aumento de 1.5 puntos o un 11% más, en la escala de 13 puntos, sin embargo, no se produjeron cambios en la arquitectura muscular observados con resonancia magnética. El estudio duró 6 semanas, se cree la mejoría se relaciona o con un aumento de la capacidad del músculo de generar tensión o bien a una mejora de la conducción nerviosa. Se descarta que se deba a hipertrofia muscular con la resonancia magnética. En este estudio no se disponía de medios diagnósticos por imagen, en consecuencia, no se puede saber de dónde se obtiene la mejoría. Por el otro lado, el estudio de Bye et al, evalúa un tratamiento de 6 semanas mientras que este estudio es de 24 semanas. El aumento de la capacidad para generar tensión muscular se considera que es un mecanismo a corto plazo, por lo que no se descarta que en este estudio se combinen ambos mecanismos (49).

El estudio de Stone JW et al, realizó un programa de resistencia excéntrica progresiva de 12 semanas de duración con 10 sujetos, en el cual se estudió como un aumento de la fuerza se traducía en una mejora en la escala WISCI, el 10 MWT y el TUG. El 10 MWT aumentó de 0.34 m/s a 0.43m/s, en este estudio no se empleó esta prueba, pero si se puede ver un aumento de la

velocidad tras la intervención de 0,23 metros por segundo a inicio del estudio a 0,28 metros por segundo al final del estudio. Y finalmente se obtuvo una mejoría del WISCI de un nivel 8 a un nivel 13 de media, un resultado similar al obtenido en este estudio, en el cual se pasa de un nivel 9 a un nivel 13 (54).

En la evaluación de la marcha se optó por usar el 6 Minut walk test, sin embargo, no se pudo completar por el agotamiento del paciente, aunque se permitieran los descansos hasta completar los 6 minutos. Se debería haber empleado el 10 Meters Walk Test ya que es más acertado para pacientes con LM que presentan una limitación de la movilidad mayor (61). Sin embargo, intraestudio si evidencia un aumento de la velocidad y de la distancia recorrida, pero dificulta la comparación de los resultados con otros estudios, ya que estos presentan los resultados de velocidad medidos en el 10MWT.

El estudio realizado por Tamburella et al, incluye 6 sujetos con LM incompleta crónica y 6 sujetos control que se someten a un entrenamiento específico del equilibrio (16). Se obtiene una mejora del WISCI de media de 3 niveles más, sin embargo, no se obtienen diferencias significativas en otras pruebas como: 10 MWT o el TUG. Por otro lado, Scivoletto et al, realizó un estudio con 65 sujetos con LM incompleta crónica en el cual se demostró que la fuerza y el equilibrio eran predictores de la marcha, y que la escala WISCI está relacionada con el equilibrio en la LM mientras que el 10MWT no (61). En este estudio se realiza únicamente un programa de equilibrio y fuerza por lo que el aumento de +3 niveles en la escala WISCI podría explicarse mediante la relación establecida por Scivoletto et al, ya que la mejoría obtenida se debe a que la no necesidad de emplear el DAFO, si siendo necesario anteriormente para la estabilidad a la articular tibioperonea astragalina.

Pocos estudios se centran en el estudio del equilibrio aislado en los pacientes con LM incompleta (50). El estudio realizado por Jayraman et al, incluido en la revisión sistemática de Gaspar et al, reportó mejorías en el equilibrio, en la escala de Berg y un aumento de la distancia recorrida en el 6MWT tras un programa de 4 semanas de entrenamiento de fuerza con contracciones isométricas máximas de alta intensidad en el cual no había un entrenamiento específico del equilibrio. Lo que sugiere que la falta de fuerza provoca una

falta de equilibrio. Sin embargo, la mayoría de estudios en LM van orientados al entrenamiento específico de la marcha. Es más, se disponen de pocas guías clínicas que indiquen como se debe elaborar un programa de fuerza para este tipo de pacientes (50). La mayoría de los pacientes afectados por LM son pacientes jóvenes en edad de trabajo por lo que su discapacidad a largo plazo genera un gran impacto económico y psicológico. Por ello la identificación de los factores modificantes de la enfermedad es una prioridad (21). En consecuencia, se necesitan más estudios que entiendan el mecanismo de la remodelación cortical en orden a adoptar la mejor estrategia tras la interrupción de los canales nerviosos aferentes (22).

En el mini-BESTest, en Tinetti y en Berg queda reflejado que tras la intervención el paciente es capaz de levantarse de la silla en un único intento. Todos ellos son evaluaciones del equilibrio. Sin embargo, si se observa la tabla de los 13 puntos y los resultados obtenidos en los grupos musculares extensores de cadera y de rodilla sí que han aumentado ligeramente, es más, si se observa el plan de entrenamiento en todas las semanas existe una variable de sentadilla en TRX.

También en Tinetti, queda reflejado la capacidad de controlar la bajada para sentarse en la silla de manera controlada y segura con el uso de las manos, lo que implica un aumento de la fuerza excéntrica. Cuando el mecanismo empleado pre-intervención era el uso de la parte posterior de los muslos para desbloquear las rodillas y dejarse caer sobre el asiento.

La escala de Tinetti está diseñada para evaluar el riesgo de caídas en el anciano, aunque no sea específica para la evaluación del lesionado medular, aporta información útil sobre el riesgo potencial de caídas. A diferencia del mini-BESTest considerado el gold estándar para la evaluación del equilibrio en el lesionado medular y de la escala Berg muy empleada para la evaluación del equilibrio, la escala de Tinetti incorpora una valoración específica de la marcha, que tiene en cuenta la longitud y altura del paso, la simetría y la postura del tronco durante la marcha. Se consideró pertinente pasarla al inicio del estudio para objetivar los cambios obtenidos durante la marcha. Sin embargo, no ha reflejado cambios relevantes para este estudio, los cuales si se han recogido en la escala WISCI mucho más útil para este tipo de pacientes

(46). En consecuencia, se debería de haber empleado otra escala o test de valoración de la marcha en el lesionado medular para completar los datos obtenidos en la escala WISCI y aportar una mayor fiabilidad, como el LEMS (62).

El mini-BESTest en comparación con el Berg se considera más adecuado, ya que tiene un menor efecto techo, un nivel de fiabilidad ligeramente mayor exactitud para clasificar aquellos individuos que presentan mejorías significativas. Sin embargo, al ser un estudio de  $n=1$  con una puntuación inicial baja, no se va a obtener un efecto techo, por ello interesa obtener la mayor información posible sobre la mejoría conseguida, por ello se decide emplear ambos, ya que el Berg es más sensible a cambios (63).

Finalmente, se podrían haber empleado otras escalas de independencia como la escala de independencia funcional (FIM) o; más acertada ya que se ha objetivado su relación la lesión neurológica y con la escala ASIA (64) y se ha sido empleada en numerosos estudios como escala de evaluación de la independencia motora (65)(46).

Como es una lesión medular incompleta crónica, cabe esperar que el ejercicio físico no se produzca el mismo efecto que se obtendría en una lesión aguda, ya que no se va a producir la liberación de los factores neurotróficos, como la BDNF y la ADCY1, tal y como se ha revisado en el estudio de Graziano et al en la introducción, lo cual hace descartar este mecanismo de mejoría (32).

Por otro lado, el estudio realizado por Grau et al demuestra que la médula espinal tiene una gran capacidad de adaptación y aprendizaje aún en fases crónicas. Empleando sujetos animales con lesión medular completa torácica mostró que el cordón lumbar aislado aprendió a evitar el shock de las patas traseras empleando un paradigma instrumental de aprendizaje. En este paradigma, la extensión de las patas traseras cerraba un circuito que transmitía una leve descarga a ese miembro. El cordón lumbar, aislado tras la lesión, adaptó la posición de reposo de la extremidad a una posición en mayor flexión para minimizar la descarga. Este experimento da a entender que cuando el cordón medular lumbar se aísla del control supraespinal este es aún capaz de aprender patrones motores complejos, y esto depende de la

actividad específica y de las señales aferentes que recibe (35). Por otro lado, el experimento llevado a cabo por Hodgson et al demostró que el cordón medular lumbar pudo aprender a estar de pie estático o a pisar sobre una cinta rodante, sin embargo, una tarea no se tradujo a la otra, es decir, que existe un límite en esta capacidad de memoria de la médula espinal (35). Aun siendo una lesión medular incompleta podríamos creer que ciertos patrones de movimiento podrían haber sido aprendidos por la médula espinal, sin embargo, al haber un límite en esta memoria y con los resultados obtenidos en este estudio, si se tiene en cuenta de que este paciente presentaba capacidad para la marcha pre-intervención se puede pensar que esta memoria ya está saturada. Por lo que mejorías obtenidas en este estudio se atribuyen a un aumento de la fuerza o a una mayor capacidad de los músculos parcialmente paralizados para generar tensión. Sin embargo, se ha refinado la capacidad para superar un escalón durante la marcha, no se puede diferenciar si este patrón que ha mejorado durante el estudio depende de la memoria de la médula espinal, de un aumento de la representación cortical de este movimiento o de un mero aumento de la fuerza.

Parte de la recuperación dada por la reorganización cortical es espontánea y se produce tras la lesión, el resto se produce por la remodelación de la representación cortical dependiente de la actividad funcional que realice el sujeto, es decir, de lo que se entrene, este mecanismo si que se presenta en lesiones medulares crónica (34).

En el estudio realizado por Jurkiewicz et al, incluyó 6 individuos con LM cervical incompleta y 8 controles sanos. En los cuales se estudió la representación cortical del movimiento de extensión de muñeca mediante resonancia magnética durante 1 año. Se observó que en aquellos sujetos que presentaban dificultad para realizar este movimiento se producía un aumento de la actividad en la corteza motora y una disminución en la corteza sensoriomotora, con respecto al grupo control; mientras que si se no se presentaba dificultad o muy poca la actividad cortical era similar al grupo control. En consecuencia, se evidencia que se produce una remodelación cortical en estadios más avanzados de la lesión los cuales son dependientes de la rehabilitación y se asocian a una mayor representación cortical del

movimiento en el área de la corteza motora (36). En este estudio si se han aumentado ciertos arcos de movimiento, como en cuádriceps y en glúteo, sin embargo, al no tener herramientas de imagen no se puede distinguir si se debe al aumento de la representación cortical o al aumento de la fuerza.

Otro estudio realizado por Chen et al, incluyó una gran muestra, 58 pacientes en el grupo de estudio y 59 en el grupo control, también hizo uso de la escala de 13 puntos como herramienta de medición. El estudio de Chen et al, quiso demostrar el aumento de la fuerza en los músculos parcialmente paralizados, al igual que este estudio, los cuales se definieron como aquellos que tenían un grado inferior a 3 en la escala Daniels; mediante 200 contracciones isométricas al día durante 2 segundos y con 2 segundos de descanso. Ambos grupos obtuvieron una mejora de la fuerza, sin embargo, el grupo de intervención obtuvo una mejora ligeramente mayor, de alrededor 0.7 puntos más en cada músculo en la escala de 13 puntos. En este estudio no se han empleado las contracciones isométricas, pero según evidencia el estudio de Chen et al, es una buena alternativa a considerar. Tras las 8 semanas de entrenamiento se aumentó del grupo control de una puntuación pre tratamiento = 3.5 (1.4) a post tratamiento = 6.5 (3.0) al grupo de intervención = 3.7 (1.6) a post tratamiento = 7.0 (2.7). Es decir, se aumentaron 3 niveles en total en solo 8 semanas, los sujetos incluidos en este estudio debían haber sufrido la lesión en los 6 meses anteriores al estudio; lo cual puede explicar la diferencia que hay en los resultados obtenidos en este estudio (66).

Por último, sí que se ha evidenciado en este estudio un aumento de la fuerza que queda reflejado en la tabla, sin embargo, son más impresionantes los resultados obtenidos en el 6MWT que evidencian un aumento de la fuerza resistencia y en el número de semisentadillas que se pueden realizar sin descansar, aunque esta no sea un test sistematizado ayuda a ver que ha habido un aumento de la fuerza resistencia en un patrón de movimiento y no en un músculo concreto, es decir, se pueden involucrar contra gravedad músculos que al estudiarlos por separado no consiguen trabajar contra gravedad, como es todo el complejo extensor de cadera y rodilla involucrados en la sentadilla. Lo cual confirma la existencia de una reorganización cortical

que permitiría esta sentadilla y reforzamiento de esta a base de la repetición y de la ganancia de fuerza resistencia y a su vez la incapacidad de involucrar estos músculos contra gravedad por separado. Ya que es lógico pensar que si se puede ser capaz de realizar una flexión de cadera en bipedestación para superar un escalón (función del psoas), se debería poder realizar esa misma acción en decúbito supino sobre la camilla. En consecuencia, las tablas que clasifican la fuerza muscular, como es la escala de 13 puntos o la escala Daniels, o las dinamometrías en individuos con SCI pueden no representar la capacidad funcional del mismo.

En relación con el entrenamiento seleccionado para este estudio se planteó cambiar el entrenamiento de fuerza cada 6 semanas, ya que la mayoría de revisiones sistemáticas revisadas previamente recogían estudios con programas de fuerza establecían tiempos de entre 4 y 8 semanas (50) (66). Por el otro lado en el estudio de Bye et al, se hipotetiza que las adaptaciones neurales comienzan poco después de iniciar el entrenamiento de fuerza y que las adaptaciones hipertróficas comienzan a las 6 – 8 semanas, sin embargo, si se trata de sujetos con esta musculatura parcialmente paralizada muy debilitada pueden ocurrir antes (49). Por otro lado, se decide realizar un entrenamiento de fuerza para ver su efectividad en la marcha ya que 16 semanas de entrenamiento de resistencia progresiva se han demostrado más efectivos para mejorar la marcha que un programa específico de marcha en individuos con SCI crónicas (54).



## **LIMITACIONES DEL ESTUDIO**

Como se trata de un caso clínico de  $n=1$ , no sirve como muestra representativa para extrapolar al resto de la población, afectando a la validez externa del estudio.

Es probable que se haya producido un sesgo sobre el experimentador donde al entrar en contacto con el paciente se conocen los objetivos y las condiciones del estudio, pudiendo afectar tanto a la validez externa como interna de este mismo.

Tampoco se pueden extrapolar los datos recogidos ya que el paciente a su vez que participaba en este estudio recibía tratamiento en otro centro.

A su vez el entrenamiento se paralizó una semana, a consecuencia de que el paciente sufrió una esguince de grado I en el tobillo, lo cual puede afectar negativamente a los resultados obtenidos en el estudio.

Por el otro lado al no disponer de dinamómetro no se ha podido cuantificar la ganancia de fuerza de forma numérica y al emplear una escala se ha podido perder objetividad en estos resultados ya que la clasificación de una puntuación u otra dependía exclusivamente del juicio del investigador. Por el otro lado la ausencia de dinamómetro también ha podido no detectar pequeñas mejorías que no se podían clasificar como tal ya que no se clasificaban en un nivel mayor en la tabla. Además, la falta de medios de diagnóstico por imagen como la resonancia magnética y de análisis bioquímicos provocan que todas las relaciones establecidas en este estudio sean solo hipótesis.

## **6. CONCLUSIONES**

El programa propuesto ha conseguido mejorar tanto el equilibrio estático como dinámico quedando reflejado en los ítems del test de equilibrio de Berg: 1, 4, 7, 14 y en los ítems del mini-BESTest: 1 y 13. También ha conseguido un aumento de la fuerza en los grupos musculares: gemelo, cuádriceps, glúteo mayor y psoas, quedando reflejado en la tabla de 13 puntos.

Por otro lado, se evidencia un aumento de la fuerza en los ítems: que hacen referencia a la capacidad de levantarse de la silla de un intento. Es más, se ha logrado un aumento de la fuerza resistencia que queda reflejado en el 6MWT, el cual también evidencia una mejora de la condición física del paciente.

Así pues, en este caso clínico el paciente a través del entrenamiento de fuerza y equilibrio ha aumentado tanto su fuerza como su equilibrio y estos logros se transfieren a la escala WISCI la cual refleja una mejora de un nivel=9 pre-intervención a un nivel=13 post intervención y al TUG.

A pesar de todo es un caso clínico por lo que los resultados deben de ser confirmados con futuros estudios.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Esclarín de Ruz A, Alcobendas M. Lesión medular. 2nd ed. Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana; 2020.
2. Venkatesh K, Ghosh SK, Mullick M, Manivasagam G, Sen D. Spinal cord injury: pathophysiology, treatment strategies, associated challenges, and future implications. *Cell Tissue Res.* 2019;377(2):125-151.
3. Lo J, Chan L, Flynn S. A Systematic Review of the Incidence, Prevalence, Costs, and Activity and Work Limitations of Amputation, Osteoarthritis, Rheumatoid Arthritis, Back Pain, Multiple Sclerosis, Spinal Cord Injury, Stroke, and Traumatic Brain Injury in the United States: A 2019 Update. *Arch Phys Med Rehabil.* 2021;102(1):115-131
4. Yelamarthy PKK, Chhabra HS, Vaccaro A, Vishwakarma G, Kluger P, Nanda A, Abel R, Tan WF, Gardner B, Chandra PS, Chatterjee S, Kahraman S, Naderi S, Basu S, Theron F. Management and prognosis of acute traumatic cervical central cord syndrome: systematic review and Spinal Cord Society-Spine Trauma Study Group position statement. *Eur Spine J.* 2019;28(10):2390-2407.
5. De Miguel-Rubio A, Rubio MD, Alba-Rueda A, Salazar A, Moral-Munoz JA, Lucena-Anton D. Virtual Reality Systems for Upper Limb Motor Function Recovery in Patients With Spinal Cord Injury: Systematic Review and Meta-Analysis. *JMIR Mhealth Uhealth.* 2020;8(12).
6. Alcaraz M. A. Tendencias epidemiológicas actuales: el paciente geriátrico con lesión medular traumática. XXXV Jornadas Nacionales de la Sociedad Española de Paraplejia. Madrid, 2018.
7. Torres Alaminos MA. Aspectos epidemiológicos de la lesión medular en el Hospital Nacional de Paraplégicos. *Ene* v12 n2 2018.
8. Kumar R, Lim J, Mekary RA, Rattani A, Dewan MC, Sharif SY, et al. Traumatic Spinal Injury: Global Epidemiology and Worldwide Volume. *World Neurosurg.* 2018;113:345-63.

9. A Esclarín de Ruz, Lesión medular traumática. Valoración y manejo integral. Medicine - Programa de Formación Médica Continuada Acreditado. 2019;12(75): 4387-4400.
10. Hayes KC, Hsieh JTC, Wolfe DL, Potter PJ, Delaney GA. Classifying incomplete spinal cord injury syndromes: Algorithms based on the international standards for neurological and functional classification of spinal cord injury patients. Arch Phys Med Rehabil. 2000;81(5):644-52.
11. Yogendranathan N, Herath HMMTB, Jayamali WD, Matthias AT, Pallewatte A, Kulatunga A. A case of anterior spinal cord syndrome in a patient with unruptured thoracic aortic aneurysm with a mural thrombus. BMC cardiovasc disord. 2018;18(1):4.
12. Diabira S, Henaux PL, Riffaud L, Hamlat A, Brassier G, Morandi X. Brown-Sequard syndrome revealing intradural thoracic disc herniation. Eur Spine J. 2011;20: 65-70.
13. Brouwers E, van de Meent H, Curt A, Starremans B, Hosman A, Bartels R. Definitions of traumatic conus medullaris and cauda equina syndrome: a systematic literature review. Spinal Cord. 2017; 55(10):886-890.
14. Lin JT, Hsu CJ, Dee W, Chen D, Rymer WZ, Wu M). Error variability affects the after effects following motor learning of lateral balance control during walking in people with spinal cord injury. Eur J Neurosci. 2019;50(8):3221-34.
15. Wirz M, van Hedel HJA. Balance, gait, and falls in spinal cord injury. Handb Clin Neurol. 2018;159:367-84.
16. Tamburella F, Scivoletto G, Molinari M. Balance training improves static stability and gait in chronic incomplete spinal cord injury subjects: a pilot study. Eur J Phys Rehabil Med. 2013; 3:353.
17. Sandrow-Feinberg HR, Houlié JD. Exercise after spinal cord injury as an agent for neuroprotection, regeneration and rehabilitation. Brain Res. 2015;1619:12-21.
18. Lemaitre D, Hurtado ML, De Gregorio C, Oñate M, Martínez G, Catenaccio A, Wishart TM, Court FA. Collateral Sprouting of

- Peripheral Sensory Neurons Exhibits a Unique Transcriptomic Profile. *Mol Neurobiol.* 2020;57(10):4232.
19. Kuerzi, J, Brown EH, Shum-Siu A, Siu A, Burke D, Morehouse J, Smith RR, Magnuson DS. 2010. Task-specificity vs. ceiling effect: step-training in shallow water after spinal cord injury. *Exp Neurol.* 224;178–187.
  20. Murakami F, Song WJ, Katsumaru H. Plasticity of neuronal connections in developing brains of mammals. *Neurosci Res.* 1992; 15: 235–253.
  21. Hutson TH, Di Giovanni S. The translational landscape in spinal cord injury: focus on neuroplasticity and regeneration. *Nat Rev Neurol.* 2019;15(12):732.
  22. Fu J, Wang H, Deng L, Li J. Exercise Training Promotes Functional Recovery after Spinal Cord Injury. *Neural plast.* 2016:4039580
  23. Gollie JM, Guccione AA. Overground locomotor training in spinal cord injury: A performance-based framework. *Top Spinal Cord Inj Rehabil.* 2017; 23(3):226–33.
  24. Hutchinson KJ, Gómez-Pinilla F, Ying Z, Crowe MJ, Basso DM. Three exercise paradigms differentially improve sensory recovery after spinal cord contusion in rats. *Brain.* 2004;127(6):1403–14.
  25. Vaynman S, Ying Z, Gomez-Pinilla F. Interplay between brain-derived neurotrophic factor and signal transduction modulators in the regulation of the effects of exercise on synaptic-plasticity. *Neuroscience.* 2003;122(3):647–57.
  26. Côté M-P, Azzam GA, Lemay MA, Zhukareva V, Houlé JD. Activity-dependent increase in neurotrophic factors is associated with an enhanced modulation of spinal reflexes after spinal cord injury. *J Neurotrauma.* 2011; 28(2):299–309.
  27. Hubli M, Dietz V. The physiological basis of neurorehabilitation-locomotor training after spinal cord injury. *J Neuroeng Rehabil.* 2013;10:5
  28. Gazula VR, Roberts M, Luzzio C, Jawad AF, Kalb RG. Effects of limb exercise after spinal cord injury on motor neuron dendrite structure. *J Comp Neurol.* 2004; 476, 130–145.

29. Arancio O, Chao MV. Neurotrophins, synaptic plasticity and dementia. *Curr Opin Neurobiol.* 2007;17, 325–330.
30. Fouad K, Tetzlaff W. Rehabilitative training and plasticity following spinal cord injury. *Experimental Neurology. Exp Neurol.* 2012;235(1):91–9.
31. Gardiner, P., Dai, Y., Heckman, C.J., 2006. Effects of exercise training on alphanotoneurons. *J Appl Physiol.* 2006;101:1228–1236.
32. Graziano A, Foffani G, Knudsen EB, Shumsky J, Moxon KA. Passive Exercise of the Hind Limbs after Complete Thoracic Transection of the Spinal Cord Promotes Cortical Reorganization. *PLoS ONE.* 2013;8(1).
33. Ichiyama RM, Zhong H, Edgerton VR, Havton LA, Roy RR, Broman J. Locomotor training maintains normal inhibitory influence on both alpha- and gamma-motoneurons after neonatal spinal cord transection. *J Neurosci.* 2011;31 (1): 26–33.
34. Mohammed H, Hollis ER. Cortical Reorganization of Sensorimotor Systems and the Role of Intracortical Circuits After Spinal Cord Injury. *Neurotherapeutics.* 2018;15(3):588-603.
35. Basso MD, Hansen CN. Biological Basis of Exercise-based Treatments: Spinal Cord Injury. *PM R.* 2011;3:73.
36. Jurkiewicz MT, McIlroy WE, Verrier MC, Mikulis DJ, Fehlings MG. Sensorimotor cortical plasticity during recovery following spinal cord injury: A longitudinal fMRI study. *Neurorehabil and Neural Repair.* 2007;21(6):527–38.
37. H. Topka, L. G. Cohen, R. A. Cole, and M. Hallett. Reorganization of corticospinal pathways following spinal cord injury. *Neurology.* 1991;41(8):1276–1283.
38. Rayegani SM, Shojaee H, Sedighipour L, Soroush MR, Baghbani M, Amirani OB. The effect of electrical passive cycling on spasticity in war veterans with spinal cord injury. *Front Neurol.* 2011;2:39.
39. Maier IC, Ichiyama RM, Courtine G, et al. Differential effects of anti-Nogo-A antibody treatment and treadmill training in rats with incomplete spinal cord injury. *Brain.* 2009;132:1426-1440.

40. Garcia-Alias G, Barkhuysen S, Buckle M, Fawcett JW. Chondroitinase ABC treatment opens a window of opportunity for task-specific rehabilitation. *Nat Neurosci.* 2009;12:1145-1151.
41. Hutchinson KJ, Gomez-Pinilla F, Crowe MJ, Ying Z, Basso DM. Three exercise paradigms differentially improve sensory recovery after spinal cord contusion in rats. *Brain.* 2004;127:1403-1414.
42. Plisk SS, Stone MH. Periodization strategies. *Strength Cond J.* 2003;25(6):19-37.
43. Smith RR, Brown EH, Shum-Siu A, et al. Swim training initiated acutely after spinal cord injury is ineffective and induces extravasation in and around the epicenter. *J Neurotrauma* 2009;26:1017-1027.
44. Huang H, Young W, Skaper S, Chen L, Moviglia G, Saberi H, et al. Clinical Neurorestorative Therapeutic Guidelines for Spinal Cord Injury (IANR/CANR version 2019). *J Orthop Translat.* 2019;20:14–24.
45. Akpinar P, Atici A, Ozkan FU, Aktas I, Kulcu DG, Sari A, Durmus B. Reliability of the Modified Ashworth Scale and Modified Tardieu Scale in patients with spinal cord injuries. *Spinal Cord.* 2017;55(10):944-949.
46. Burns AS, Delparte JJ, Patrick M, Marino RJ, Ditunno JF. The reproducibility and convergent validity of the walking index for spinal cord injury (WISCI) in chronic spinal cord injury. *Neurorehabil Neural Repair.* 2011 Feb;25(2):149-57.
47. Poncumhak P, Saengsuwan J, Kamruecha W, Amatachaya S. Reliability and validity of three functional tests in ambulatory patients with spinal cord injury. *Spinal Cord.* 2013;51(3):214–7
48. Harvey L, Donovan W. Tratamiento de la lesion medular. 1st ed. Elsevier; 2010.
49. Bye EA, Harvey LA, Glinsky JV, Bolsterlee B, Herbert RD. A preliminary investigation of mechanisms by which short-term resistance training increases strength of partially paralysed muscles in people with spinal cord injury. *Spinal Cord.* 2019;57(9):770.

50. Gaspar R, Padula N, Freitas TB, de Oliveira JPJ, Torriani-Pasin C. Physical Exercise for Individuals With Spinal Cord Injury: Systematic Review Based on the International Classification of Functioning, Disability, and Health. *J Sport Rehabil.* 2019;28(5):505–16.
51. Chan K, Unger J, Lee JW, Masani K, Musselman KE, Johnston G, Constand M. Quantifying balance control after spinal cord injury: Reliability and validity of the mini-BESTest. *J Spinal Cord Med.* 2019;42(1):141–8.
52. Arora T, Oates A, Lynd K, Musselman KE. Current state of balance assessment during transferring, sitting, standing and walking activities for the spinal cord injured population: A systematic review. *J Spinal Cord Med.* 2020;43(1):10-23.
53. Ada L, Dorsch S, Canning CG. Strengthening interventions increase strength and improve activity after stroke: a systematic review. *J Physiother.* 2006;52(4):241–8.
54. Stone WJ, Stevens SL, Fuller DK, Caputo JL. Ambulation and physical function after eccentric resistance training in adults with incomplete spinal cord injury: A feasibility study. *J Spinal cord med.* 2018. 24(4):343-352.
55. Terry J. Ellapen, Henriëtte V. Hammill, Mariëtte Swanepoel, Gert L. Strydom. The benefits of hydrotherapy to patients with spinal cord injuries. *Afr J Disabil.* 2018;7(0):e1–8.
56. Li C, Khoo S, Adnan A. Effects of aquatic exercise on physical function and fitness among people with spinal cord injury: a systematic review. *Medicine.* 2017;96(11)
57. van der Scheer JW, Martin Ginis KA, Ditor DS, Goosey-Tolfrey VL, Hicks AL, West CR, Wolfe DL. Effects of exercise on fitness and health of adults with spinal cord injury. A systematic review. *Neurology.* 2017; 89(7): 736-745.
58. Katz-Leurer M, Carmeli E, Fisher I, Neeb M, Schwartz I. Reliability and validity of the modified functional reach test at the sub-acute stage post-stroke. *Disabil Rehabil.* 31(3):243–8.
59. Khorasanizadeh M, Yousefifard M, Eskian M, Lu Y, Chalangari M, Harrop JS, Jazayeri SB, Seyedpour S, Khodaei B, Hosseini M, Rahimi-



- Movaghar V. Neurological recovery following traumatic spinal cord injury: a systematic review and meta-analysis. *J Neurosurg Spine*. 2019;15:1-17.
60. Amatachaya S, Naewla S, Srisim K, Arrayawichanon P, Siritaratiwat W. Concurrent validity of the 10-meter walk test as compared with the 6-minute walk test in patients with spinal cord injury at various levels of ability. *Spinal Cord*. 2014;52(4):333-6.
  61. Scivoletto G, Romanelli A, Mariotti A, Marinucci D, Tamburella F, Mammone A et al. Clinical factors that affect walking level and performance in chronic spinal cord lesion patients. *Spine* 2008;33:259-64.
  62. Nam KY, Kwon BS, Park J-W, Lee HJ, Kim HJ, Yoo A. Robot-assisted gait training (Lokomat) improves walking function and activity in people with spinal cord injury: a systematic review. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*. *J Neuroeng Rehabil*. 2017;14(1):24
  63. Godi M, Franchignoni F, Caligari M, Giordano A, Turcato AM, Nardone A. Comparison of Reliability, Validity, and Responsiveness of the mini-BESTest and Berg Balance Scale in Patients With Balance Disorders. *Phys Ther*. 2013; 93(2):158–67.
  64. Ota T, Akaboshi K, Nagata M, Sonoda S, Domen K, Seki M, Chino N. Functional assessment of patients with spinal cord injury: measured by the motor score and the Functional Independence Measure. *Spinal Cord*. 1996;34(9):531-5.
  65. Nam KY, Kim HJ, Kwon BS, Park JW, Lee HJ, Yoo A. Robot-assisted gait training (Lokomat) improves walking function and activity in people with spinal cord injury: a systematic review. *J Neuroeng Rehabil*. 2017;23:14(1).
  66. Chen LW, Glinsky JV, Harvey LA, Yeomans J, Islam MS, Hossain M. The effects of 10,000 voluntary contractions over 8 weeks on the strength of very weak muscles in people with spinal cord injury: a randomised controlled trial. *Spinal Cord*. 2020;58(8):857–64.

## CONSENTIMIENTO INFORMADO

D. \_\_\_\_\_, con DNI \_\_\_\_\_  
he recibido suficiente información en relación con el estudio, pudiendo hacer preguntas sobre el mismo. Por lo cual: Autorizo de forma libre, voluntaria y consciente a

Dña. \_\_\_\_\_ con DNI \_\_\_\_\_

a utilizar mis datos personales y clínicos para la realización de su trabajo de investigación correspondiente al trabajo fin de grado de Fisioterapia, en la Facultad de ciencias de la salud en Zaragoza. Se muestra conforme con la valoración, el tratamiento y el seguimiento al que se va a ser sometido y que previamente le ha sido explicado convenientemente. Conoce también su derecho a abandonar el estudio en cualquier momento, sin tener que justificar dicho abandono y sin que ese hecho repercuta en la calidad de su tratamiento. Así mismo, \_\_\_\_\_, autora del estudio, se compromete a garantizar la confidencialidad del paciente ocultando tanto su rostro en las fotos, como sus datos filiales, de tal manera que si el estudio es publicado en algún medio de divulgación científica o en la propia base de datos de la Universidad nadie podrá identificar al paciente que ha sido objeto de este estudio. Bajo ningún concepto este material será concedido ni difundido con otros fines.